

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА

Н. І. Кульбашна

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ДИСЦИПЛІНИ
«БЕЗПЕКА РУХУ ТА ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ»**

*(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання
напряму підготовки 0922 (6.050702) - Електромеханіка)*

**ХАРКІВ
ХНАМГ
2010**

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Безпека руху та гальмівні системи» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання напрямку підготовки 0922 (6.050702) - Електромеханіка)/ Харк. нац. акад. міськ. госп-ва.; уклад. Кульбашна Н.І. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 35 с.

Укладач: Н.І Кульбашна

Рекомендовано кафедрою „Електричний транспорт”,
протокол № 14 від 20. 04.10

ВСТУП

У даних методичних вказівках за кожною темою дисципліни «Безпека руху і гальмівні системи» наведений перелік практичних занять, загальним напрямком яких є вивчення і набуття практичних навичок з організації заходів щодо забезпечення безпеки рухомого складу, з основ експертизи та порядку її проведення. Завдяки практичним заняттям студент підкріплює знання і розуміння теоретичного матеріалу з дисципліни. Після закінчення її вивчення студент може визначати необхідні показники гальмівних властивостей транспортних засобів, розраховувати гальмівний шлях за різними методами, оцінювати початкову швидкість при гальмуванні за даними експертизи, встановлювати відстань взаємної видимості за схемами дорожньо-транспортних подій.

Методичні вказівки розроблені достатньо повно, що дозволяє студенту ознайомлюватися із завданнями і вирішувати практичні приклади самостійно.

Практичне заняття №1

Тема: Визначення надійності гальмівної системи рухомого складу

Мета: надати уявлення щодо підвищення надійності гальмівної системи рухомого складу за допомогою зміни схеми з'єднання її елементів.

Рішення про вибір тих чи інших шляхів забезпечення надійності агрегату або системи приймає конструктор, виходячи із пропонованих вимог і особливостей робочого процесу вузла, агрегату.

Для ряду систем транспортних засобів мало забезпечити фізичну надійність кожного елемента. Важлива також схема їхнього з'єднання й забезпечувана при цьому схемна надійність.

Іншими словами надійність тієї чи іншої системи, що складена із заданого числа елементів, залежить не тільки від надійності кожного з них, але й від способу їхнього з'єднання. У найпростішому випадку елемент може бути або працездатний (імовірність R), або непрацездатний (імовірність F), так що

$$R + F = 1. \quad (1)$$

При двох елементах можлива кількість станів дорівнює чотирьом. Маємо

$$(R_1 + F_1)(R_2 + F_2) = R_1 R_2 + R_1 F_2 + F_1 R_2 + F_1 F_2 = 1. \quad (2)$$

При n елементах система має 2^n станів.

Число працездатних станів системи залежить від способу з'єднання елементів, і можливі значення ймовірності працездатного стану системи залежать, крім того, від співвідношення ймовірностей працездатного стану кожного з елементів, що входять у систему.

Розглянемо це докладніше при $i = 3$, тобто для системи із трьох елементів (рис. 1). Результати розрахунків можна звести в таблицю, де числові значення представлені для двох випадків $R_1 = R_2 = R_3 = 0,7$ і $R_1 = 0,9$; $R_2 = 0,7$; $R_3 = 0,5$ (табл. 1).

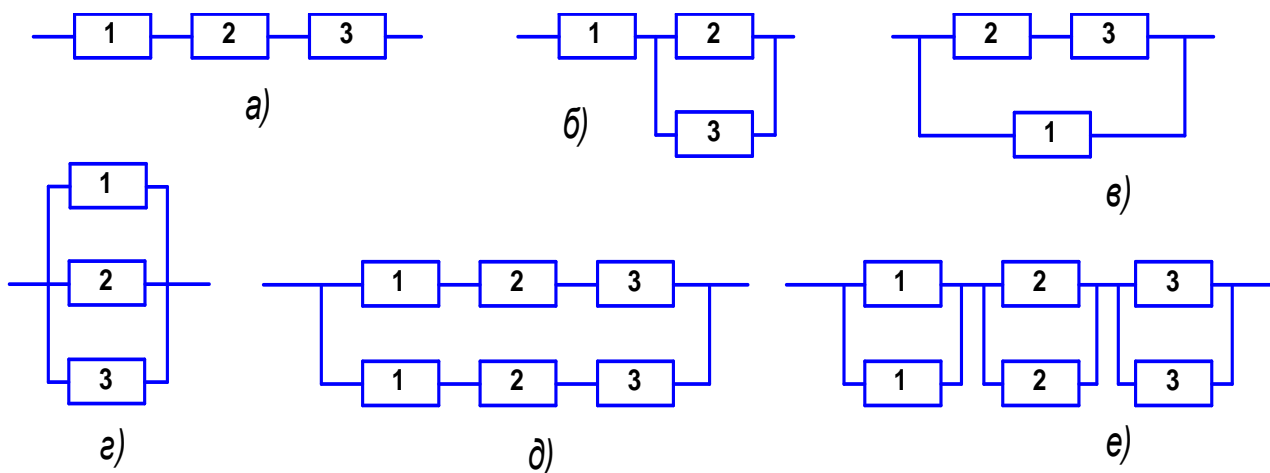


Рис. 1 - Схеми з'єднання трьох елементів, що забезпечують різну надійність

Таблиця 1 - Надійність системи із трьох елементів при різних способах їхнього включення.

Схема включення	Число працездатних станів	Розрахункова формула	R при	
			$R_1 = R_2 = R_3$	$R_1 > R_2 > R_3$
a	1	$R = R_1 R_2 R_3$	0,343	0,315
b_1	3	$R = R_1 R_2 R_3 + F_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3$	0,637	0,485
b_2		$R = R_1 R_2 R_3 + F_1 R_2 R_3 + R_1 R_2 F_3$		0,665
b_3		$R = R_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3 + R_1 R_2 F_3$		0,765
θ_1	5	$R = 1 - (F_1 F_2 + R_1 F_2 + F_1 R_2) F_3 =$ $= R_1 R_2 R_3 + F_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3 + R_1 R_2 F_3 + F_1 F_2 R_3$	0,872	0,815
θ_2		$R = 1 - (F_1 F_3 + R_1 F_3 + F_1 R_3) F_2 =$ $= R_1 R_2 R_3 + R_1 R_2 F_3 + F_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3 + F_1 R_2 F_3$		0,835
θ_3		$R = 1 - (F_2 F_3 + R_2 F_3 + F_2 R_3) F_1 =$ $= R_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3 + R_1 R_2 F_3 + F_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 F_3$		0,935
z	7	$R = 1 - F_1 F_2 F_3 =$ $= R_1 R_2 R_3 + F_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3 + R_1 R_2 F_3 + F_1 F_2 R_3 +$ $+ R_1 F_2 F_3 + F_1 R_2 F_3$	0,973	0,985

Аналіз отриманих результатів показує, що залежно від числа елементів і способу їхнього з'єднання число працездатних станів системи може бути різним. Однак, завжди є два граничних випадки: мінімальної ймовірності безвідмовної роботи — послідовне з'єднання, що має лише один працездатний стан; максимальної ймовірності безвідмовної роботи — паралельне з'єднання, що забезпечує $n-1$ працездатних станів (лише один непрацездатний стан). Інші випадки, проміжні, відповідають змішаному способу з'єднання елементів. Чим більше число працездатних станів системи, тим вище її надійність.

Ймовірність працездатного стану послідовно з'єднаних елементів «гірше гіршого», тобто менше надійності найменш надійного елемента, і в загальному випадку дорівнює $R = \prod_{i=1}^n R_i$.

Імовірність працездатного стану паралельно з'єднаних елементів «краще кращого», тобто вище, ніж імовірність працездатного стану найбільш надійного елемента. Цей висновок має велике практичне значення, тому що паралельним з'єднанням менш надійних елементів можна одержувати більше надійну систему. У всіх випадках, крім послідовного й паралельного з'єднань, надійність системи міняється залежно від розташування елементів у системі. У нашому прикладі в межах 0,485—0,765 (схема б) або 0,815—0,935 (схема в). Тому існує найвигідніший варіант розташування елементів в обраній схемі (б₃, в₃).

Паралельне включення елементів — основа важливого методу підвищення надійності — структурного резервування. У зв'язку із цим зупинимося на двох способах паралельних включень — виробу в цілому або його елементах окремо. Нехай виріб складається з елементів 1—3 (схема а). Приєднаємо паралельно одному виробу друге (схема д). Надійність, мабуть, зросте з

$$R_a = R_1 R_2 R_3 \quad \text{до} \quad R_d = 1 - (1 - R_a)^2. \quad (3)$$

При заелементному паралельному включенні (схема е) $R_e = R_1 R_2 R_3$, де $R_3 = 1 - (1 - R_{13})^2$. При прийнятому раніше $R_3 = 0,7$ одержимо $R_a = 0,343$; $R_d = 0,568$; $R_e = 0,754$.

Паралельне включення резервного виробу підвищило надійність в 1,66 рази, а заелементне включення дає ще більший ефект - збільшення в 2,2 рази. Схема з'єднання елементів визначається особливостями їхнього функціонування й вимагає окремого аналізу.

Оцінка схемної надійності. Схемна надійність включає аналіз принципової схеми виробу. Для цієї мети від принципової або функціональної

схеми переходять до структурної, що дозволяє точніше оцінити безвідмовність виробу. Аналіз і пошук можливості забезпечення схемної надійності системи може вестися, наприклад, у такій послідовності:

- 1) встановлюють можливі відмови системи й оцінюють їхні наслідки;
- 2) систему розбивають на підсистеми й елементи;
- 3) для кожного елемента (підсистеми) установлюють можливі відмови і їхній вплив на відмови системи в цілому; імовірності відсутності (або появи) відмов;
- 4) проводять імовірнісний аналіз надійності системи. Для цього запропоновано ряд методів: структурних і логічних схем, матриць та ін.
- 5) визначають імовірність збереження працездатності системи;
- 6) встановлюють імовірності появи тих чи інших відмов системи, наприклад, типових - окремо неприйнятних (небезпечні, раптові, повні) або щодо прийнятних (безпечні, поступові, часткові);
- 7) проводять аналіз отриманих результатів, пошуки можливостей підвищення надійності системи.

Практичне заняття №2

Тема: Оцінка надійності в системі

«Водій - транспортний засіб - дорожнє середовище»

Мета: надати уявлення щодо оцінки надійності системи «Водій - транспортний засіб - дорожнє середовище» при екстреному гальмуванні та впливу заходів з підвищення якості гальмування на надійність даної системи.

Вишукування резервів подальшого підвищення безпеки руху створює необхідність окремого аналізу за різними показниками, в частковості підвищення надійності системи «Водій - транспортний засіб - дорожнє середовище» (ВАДС) у цілому, керуючих дій водія, зокрема.

Завдання, пов'язані із забезпеченням надійності сукупності систем ВАДС, різноманітні. Розглянемо приклад: стиснуте гальмування, типове для транспортного потоку, що охоплює принаймні дві системи ВАДС.

Розглянемо надійність гальмування в транспортному потоці. Звичайно при вивченні, наприклад, гальмівних властивостей, а також при випробуванні гальмівних систем гальмування розглядається стосовно до одиничного транспортного засобу на вільній дорозі.

У транспортному потоці завдання змінюється: особливий інтерес представляє режим стиснутого і в той же час аварійного гальмування, ціль якого забезпечити, насамперед, мінімально можливий гальмівний шлях.

Типовим результатом несподіваного й різкого гальмування тролейбуса в щільному транспортному потоці є дорожньо-транспортна пригода (ДТП) - наїзд транспортного засобу (ТЗ), що йде позаду. Тобто, у щільному транспортному потоці рухаються два транспортних засоби - передній (ведучий, лідер) і задній (ведений). Таким чином, формування розрахункової схеми варто почати із двох підсистем: $ВАД_1$, що відповідає ведучому ТЗ, і $ВАД_2$ - веденому. Оскільки небезпечна ситуація викликається аварійним гальмуванням ведучого ТЗ, можна обмежитися розглядом підсистеми $ВАД_1$ у цілому, не розчленовуючи її на елементи. При аналізі процесу гальмування будемо виходити з наведеного нижче.

1. Розглядається стиснуте гальмування, мета якого забезпечити безпеку руху.
2. Ураховуються властивості гальмової системи обох ТЗ, здатність забезпечувати високі значення сповільнення при гальмуванні. Результат гальмування залежить і від водіїв: B_1 - задає інтенсивність гальмування лідера; B_2 — вибирає дистанцію до ТЗ₁, устигає швидше або повільніше (залежно від часу своєї реакції) почати гальмування.
3. Процес гальмування розглядають в імовірнісному аспекті; його результат - випадкова подія, а ДТП - результат несприятливого сполучення чотирьох параметрів (теж подій): ефективності гальм першого і другого транспортного засобу, дистанції між ними до початку гальмування, часу

реакції водія ТЗ₂.

Таким чином, завдання зводиться до взаємодії двох підсистем: B_1A_1 — лідера; B_2A_2 — наступного за ним ТЗ.

Якщо на початку гальмування відстань між ТЗ S_d , а наприкінці S'_d , то наїзду не буде, якщо $S'_d > 0$; ДТП відбудеться, коли $S'_d < 0$.

У граничному випадку $S'_d = 0$, і тоді за час реакції t_p транспортний засіб ТЗ₂ пройде відстань S_{p2} , а шляхи, що проходять ТЗ₁ і ТЗ₂ за час дії гальмової сили, будуть S_{T1} , S_{T2} . Мінімально припустима дистанція між ТЗ буде складати

$$S_{d0} = S_{p2} + S_{T2} + S_{T1}. \quad (4)$$

Оскільки гальмування розглядають як випадкову подію, вона може мати безпечний результат з імовірністю R_T , або закінчитися ДТП із імовірністю F_T . Очевидно, маємо $R_T + F_T = 1$.

Той або інший результат гальмування залежить від елементарних подій, що сприяють гальмуванню або протилежних їм. Елементарні події визначаються станом системи або її елементів. Розглянемо прийняті чотири групи таких подій: випадкове гальмування системи B_1A_1 з імовірністю R_{T1} або аварійне її гальмування (імовірність F_{T1}); справні гальма транспортного засобу A_2 (імовірність R_{T2}) або несправні (імовірність F_{T2}), що не забезпечують мінімального S_2 , що відповідає умові (2); правильний вибір дистанції $S_d \geq S_{d0}$ водієм 2 (імовірність R_{d2}) або небезпечне її зменшення (імовірність F_{d2}), швидка реакція водія B_2 (імовірність R_{p2}) чи ні (імовірність F_{p2}).

Повна група неспільних подій, що характеризують весь розглянутий процес

$$(R_{T1} + F_{T1})(R_{T2} + F_{T2})(R_{d2} + F_{d2})(R_{p2} + F_{p2}) = 1. \quad (5)$$

Звідси виходить, що можлива кількість стану елементів підсистеми дорівнює шістнадцяти.

Виходячи з того, що випадки наїзду ведомого ТЗ при плавному гальмуванні ведучого ТЗ (подія з імовірністю R_{T1}) вважаються малоімовірними, відпадає вісім станів.

Вважається також успішний результат стану $F_{T1}R_{T2}R_{д2}R_{P2}$, оскільки при різкому гальмуванні лідера наїзду не відбудеться, якщо у веденого ТЗ гальма в гарному стані, водій підтримує необхідну дистанцію й досить уважний.

У такий спосіб маємо сім несприятливих станів розглянутої системи (табл.2). Їхня сума й дає шукану ймовірність F_T виникнення ДТП:

$$F_T = F_{T1} (R_{T2}R_{д2}F_{P2} + R_{T2}F_{д2}R_{P2} + F_{T2}R_{д2}R_{P2} + R_{T2}F_{д2}F_{P2} + F_{T2}R_{д2}F_{P2} + F_{T2}F_{д2}R_{P2} + F_{T2}F_{д2}F_{P2}). \quad (6)$$

Вираження (6) дозволяє оцінювати не тільки ймовірність наїзду ТЗ при гальмуванні, але й ефект тих поліпшень, які можливі в конструкції гальмових систем. Якщо, наприклад, увести прилад, що вимірює й оцінює дистанцію до ТЗ, що їде попереду, то ймовірність виникнення ДТП зменшиться:

$$F'_T = F_{T1} (R_{T2}F_{P2} + F_{T2}R_{P2} + F_{T2}). \quad (7)$$

Таблиця 2 – Імовірність стану елементів системи, що призводять до ДТП при гальмуванні.

Номер стану	Ведучий ТЗ (B_1A_1)	Ведений ТЗ (B_2A_2)					
		Транспортний засіб		Водій			
	Екстрене гальмування	Стан гальм		Вибір дистанції		Час реакції	
	F_{T1}	R_{T2}	F_{T2}	$R_{д2}$	$F_{д2}$	R_{P2}	F_{P2}
1	+	+		+			+
2	+	+			+	+	
3	+		+	+		+	
4	+	+			+		+
5	+		+	+			+
6	+		+		+	+	
7	+		+		+		+

Однак більш реалістично вважається, що подібний прилад знизить імовірність небезпечного зменшення дистанції (з F_D до F'_D) і зменшить час реакції водія B_2 , так що нове значення буде відповідати

$$F_T = F_{T1} (R_{T2} R_{D2} F_{P2} + R_{T2} F_{D2} R_{P2} + F_{T2} R_{D2} R_{P2} + R_{T2} F_{D2} F_{P2} + F_{T2} R_{D2} F_{P2} + F_{T2} F_{D2} R_{P2} + F_{T2} F_{D2} F_{P2}). \quad (8)$$

Скористаємося побудовою графічного зображення станів, представлених у табл. 2. На рис. 2 всі випадки відповідають аварійному гальмуванню підсистеми B_1A_1 , коли гальмівний шлях S_{T1} транспортного засобу мінімальний.

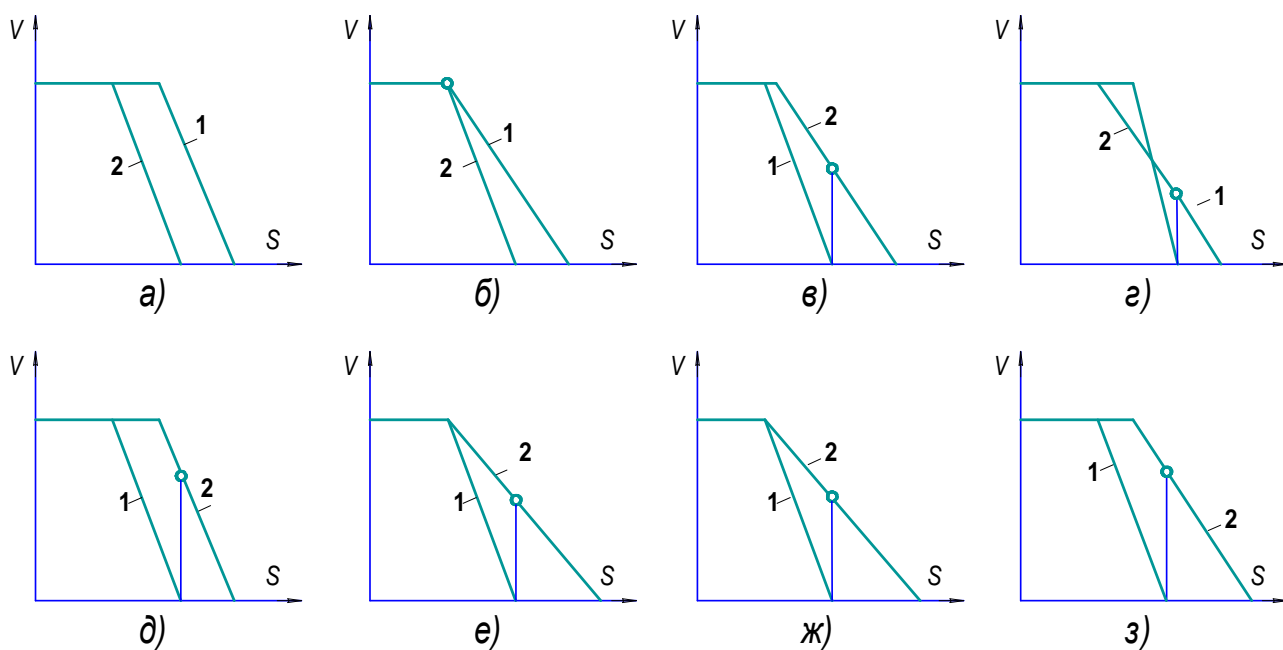


Рис. 2 - Графіки для різних випадків стиснутого гальмування

Графік (рис. 2,а) показує, що якщо ведений ТЗ справний і його водій уважний, то після початку гальмування системи B_1A_1 система B_2A_2 проходить менший шлях до зупинки і зіткнення не відбувається. У всіх інших випадках, що відповідають даним табл. 2, ведений ТЗ наїжджає на ведучий, але швидкість до моменту удару буває різною: від мінімальної (рис. 2, б, в, з) до найбільшої, котра може призвести до ДТП (рис. 2, д, з).

Приклад . Нехай при русі в транспортному потоці ймовірність аварійного гальмування ведучого ТЗ не перевищує 10 % загального числа гальмувань; стан гальмівної системи веденого ТЗ й дії його водія забезпечують екстрене гальмування з імовірністю 70%; думаючи, що водій веденого ТЗ зібраний і готовий до негайних дій в 70 % випадків, а дистанція між ТЗ в транспортному потоці скорочується до небезпечних меж в 20% випадків, маємо $R_{T1}=0,9$; $R_{T2}=0,7$; $R_{P2}=0,7$; $R_{д2}=0,8$; $F_{T1}=0,1$; $F_{T2}=0,3$; $F_{P2}=0,3$; $F_{д2}=0,2$.

Користуючись формулою (6), знайдемо $F_T = 0,0646$, тобто ймовірність зіткнення становить близько 6,5%, з яких понад 70% (рис. 2, б, в, г; табл.2) повинне супроводжуватися дрібними наслідками, а число серйозних ДТП (рис. 2, д, з) в 10 разів менше.

За формулами (7) і (8) знаходимо, що введення індикатора дистанції між ТЗ у потоці зменшує небезпеку наїзду до $F_T^{\lambda}=0,044$, тобто на 32%; якщо ж виходити з $F_T^{\lambda}=0,0496$, то на 27 %. Однак важливим є те, що зменшиться число станів, пропорційних $F_{д2} F_{P2}$ і прямо ведучих до ДТП, у 3 рази.

Оскільки для безпечного результату процесу гальмування важливо, що час реакції водія може досягати $t_p=2$ с, варто вказати на деякі можливості його зменшення.

1. Використання даних профвідбору й профдіагностування. Як показують випробування, у відмінних водіїв $t_p < 1,15$ с. Це приблизно в 2 рази менше середнього значення.
2. Скорочення найбільшої частини t_p — латентного періоду (за деякими даними вдвічі) при переведенні водія з режиму оперативного спокою в напружений режим.
3. Скорочення моторного періоду t_p зміною керування гальмами.

Практичне заняття №3

Тема: Розрахунок необхідної швидкості руху, інтервалу й дистанції

Мета: здобуття практичних навичок у розрахунку параметрів дорожнього руху, що забезпечують безаварійність.

При зіткненні тіл, на них діють сили протягом дуже короткого часу. Для об'єктів, що зберігають при зіткненні свою форму, імпульс сили дорівнює зміні кількості руху.

Кількість руху - це величина, що характеризує здатність транспортного засобу зберігати стан руху з незмінною швидкістю. Кількість руху залежить від маси й швидкості транспортного засобу.

Кількість руху легкового автомобіля масою 800 кг, що рухається зі швидкістю 12 м/с визначиться як $R = 800 \cdot 12 = 9600 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Коли відбувається зіткнення транспортних засобів, то сили, що розвиваються при цьому, досить великі й звичайно викликають залишкову деформацію транспортних засобів. Витрачену енергію на деформацію звичайно неможливо визначити, тому не можна одержати достатніх відомостей для обчислення інших факторів, що характеризують наслідки зіткнення.

Однак деякі обчислення можуть бути проведені при дотриманні наступних чотирьох умов:

- 1) маса транспортних засобів, що зіштовхнулися, не змінюється, якщо від них не відокремлюються які-небудь частини;
- 2) сила удару вважається постійною, тобто зміна кількості руху не залежить від можливих варіацій величини сили в часі;
- 3) якщо немає ніяких зовнішніх імпульсів сили, то кількість руху залишається незмінною;
- 4) кількість руху розглядають як векторну величину, що має напрямок, що збігається з напрямком швидкості переміщення.

З урахуванням цих умов можна зробити висновок, що якщо два транспортні засоби зіштовхнулися й потім рухаються з'єднаними разом, та загальна кількість руху після зіткнення дорівнює сумі кількості руху кожного транспортного засобу, що були до їхнього зіткнення.

При зустрічному зіткненні кількості руху мають різні знаки, при попутному - однакові знаки.

При зустрічному зіткненні сумарна кількість руху дорівнює загальній масі, помноженій на кінцеву швидкість V_3 . Кількість руху першого транспортного засобу дорівнює m_1V_1 . Кількість руху другого транспортного засобу дорівнює m_2V_2 . Отже, $m_1V_1 - m_2V_2 = (m_1 + m_2)V_3$.

Підставляючи $m_3 = m_1 + m_2$, одержимо

$$m_1V_1 - m_2V_2 = m_3V_3. \quad (9)$$

Швидкість відразу ж після зіткнення

$$V_3 = (m_1V_1 - m_2V_2) / m_3. \quad (10)$$

При попутному зіткненні вираження (9) записується як

$$m_1V_1 + m_2V_2 = m_3V_3. \quad (11)$$

Швидкість безпосередньо після зіткнення

$$V_3 = (m_1V_1 + m_2V_2) / m_3. \quad (12)$$

Якщо транспортні засоби, що зіштовхнулися, відразу ж зупинилися, то без обліку витраченої енергії на деформацію їхніх кузовів можна зробити висновок про рівність кількості руху цих транспортних засобів, тобто

$$m_1V_1 = m_2V_2. \quad (13)$$

Таким чином, можна оцінити швидкість другого транспортного засобу за відомою величиною швидкості першого транспортного засобу.

Приклад 1. Транспортні засоби масою 1050 кг і 1500 кг створюють зустрічне зіткнення. Зневажаючи втратою енергії на деформацію кузова, визначити: а) для будь-якої даної швидкості більш легкого транспортного засобу константу, що дозволяє обчислити швидкість більш важкого транспортного засобу при ударі, виходячи з умови миттєвої зупинки обох транспортних засобів після удару; б) при швидкості 10 м/с більш легкого транспортного засобу, швидкість, яку повинен мати більш важкий транспортний засіб, щоб після зіткнення негайно припинився рух обох транспортних засобів.

Розв'язання:

а) щоб визначити необхідну константу, припустімо, $V_1 = 1$ м/с.

З вираження (13) одержуємо $V_2 = m_1 V_1 / m_2$,

$V_2 = 1050 \cdot 1 / 1500 = 0,7$ м/с на 1 м/с більш легкого транспортного засобу, тобто розрахункова константа дорівнює 0,7.

б) $10 \text{ м/с} \cdot 0,7 = 7$ м/с.

Перший приклад служить для показу того, що в результаті зустрічного зіткнення важкі транспортні засоби, такі, як автобус, тролейбус чи вантажний автомобіль, що рухаються повільно, можуть у певних випадках змінити напрямок переміщення невеликого транспортного засобу, що рухається порівняно швидко.

Приклад 2. Відбувається зустрічне зіткнення тролейбуса загальною масою 20000 кг, що рухається зі швидкістю 10 км/год, і легкового автомобіля масою 1280 кг, що рухається зі швидкістю 80 км/год. Обчислити сумарну швидкість і визначити її напрямок руху після зіткнення.

Для розрахунку застосуємо формулу (10).

$$V_3 = (20000 \cdot 10 - 1280 \cdot 80) / (20000 + 1280) = 4,58 \text{ км/год.}$$

Швидкість V_3 позитивна й, отже, має той же напрямок, що й швидкість V_1 , тобто напрямок руху тролейбуса.

Приклад 3. Легковий автомобіль масою 750 кг, що рухається зі швидкістю 20 км/год, робить попутне зіткнення з легковим автомобілем масою 890 кг, що рухається зі швидкістю 5 км/год. Яка величина втрати швидкості заднім автомобілем внаслідок зіткнення?

Оскільки обидва транспортних засоби рухаються в одному напрямку, то використаємо формулу (12).

$$V_3 = (750 \cdot 20 + 890 \cdot 5) / (750 + 890) = 11,86 \text{ км/год.}$$

Втрата швидкості другим легковим автомобілем становить

$$20 - 11,8 = 8,2 \text{ км/год.}$$

Для транспортних засобів, що попутно рухаються, необхідно для запобігання зіткнення дотримувати дистанцію з ТЗ, що йде попереду. Розглянемо одну з методик визначення дистанції на практичному прикладі.

Приклад 4. Визначити припустиму дистанцію для тролейбуса, що рухається зі швидкістю 30 км/год. Дорожні умови - сухо, асфальт. Зазор безпеки, що необхідний з умов безпеки, $\Delta = 1$ м.

У тролейбусів, як і в багатьох транспортних засобах, при гальмуванні досягти одночасного блокування всіх коліс не вдається як з причини конструктивного характеру, так і внаслідок погіршення гальмівної системи і шин в процесі експлуатації. Отже, для приблизних результатів розрахунку до фактичних даних в формули розрахунку гальмівного шляху вводять коефіцієнт поправки K_e — коефіцієнт ефективності гальмування. Приблизні значення його для сухого асфальто- і цементобетонного покриття ($\psi = 0,75$) наведені в табл. 3.

Таблиця 3 - Коефіцієнт ефективності гальмування K_e .

Транспортні засоби	Без навантаження	З повним навантаженням
Легкові автомобілі	1,10-1,15	1,15-1,20
Вантажні автомобілі з максимальною вагою до 10т і автобуси довжиною до 7,5 м	1,10-1,30	1,50-1,60
Вантажні автомобілі з максимальною вагою більше 10т і автобуси, тролейбуси довжиною > 7,5 м	1,40-1,60	1,60-1,80

Для практичних розрахунків величину гальмівного шляху рекомендують визначати ще за спрощеною формулою

$$S = \frac{V_{II}^2 \cdot K_e}{254(\psi \pm i)}, \quad (14)$$

де V_{II} – швидкість початку гальмування, км/год;

K_e - коефіцієнт ефективності гальмування;

ψ – коефіцієнт зчеплення при сухому асфальті $\psi = 0,75$;

i – уклон, ‰.

Зупиночний шлях тролейбуса, так як він їде позаду іншого ТЗ, повинен враховувати час реакції водія та може бути визначено за формулою

$$S_T = \frac{V_{II} \cdot t_p}{3,6} + \frac{V_{II}^2 \cdot K_e}{254(\psi \pm i)}, \quad (15)$$

де t_p – час реакції водія, с.

Дистанція виникає тоді, коли швидкості транспортних засобів однакові. Дистанція дорівнює різниці гальмівних шляхів автомобіля, що йде попереду, і тролейбуса плюс зазор безпеки. Гальмівний шлях автомобіля буде визначатися за формулою (14), тому що не має потреби враховувати час реакції водія автомобіля. Причому K_e для автомобіля приймають рівним 1, для тролейбуса - 1,4.

З обчисленням того, що дистанція дорівнює

$$D = S_T - S_A + \Delta. \quad (16)$$

Отримуємо формулу для розрахунку дистанції

$$D = \frac{V_{II} \cdot t_p}{3,6} + \frac{V_{II}^2 \cdot K_e}{254(\psi \pm i)} - \frac{V_{II}^2}{254(\psi \pm i)} + \Delta = \frac{V_T \cdot t_p}{3,6} + \frac{V_T^2 \cdot (K_e - 1)}{254(\psi \pm i)} + \Delta, \quad (17)$$

$$D = \frac{30 \cdot 1}{3,6} + \frac{30^2 \cdot (1,4 - 1)}{254(0,75)} + 1 = 11,22 \text{ м.}$$

Приклад 5. На якій відстані від зустрічного автомобіля тролейбус може виконати обгін тихохідного транспортного засобу з виїздом на зустрічну смугу руху. Швидкість руху відповідних транспортних засобів складає $V_m = 25$ км/год, $V_A = 40$ км/год, $V_{mux} = 15$ км/год.

Для виконання розрахунків скористуємося схемою (рис. 3.)

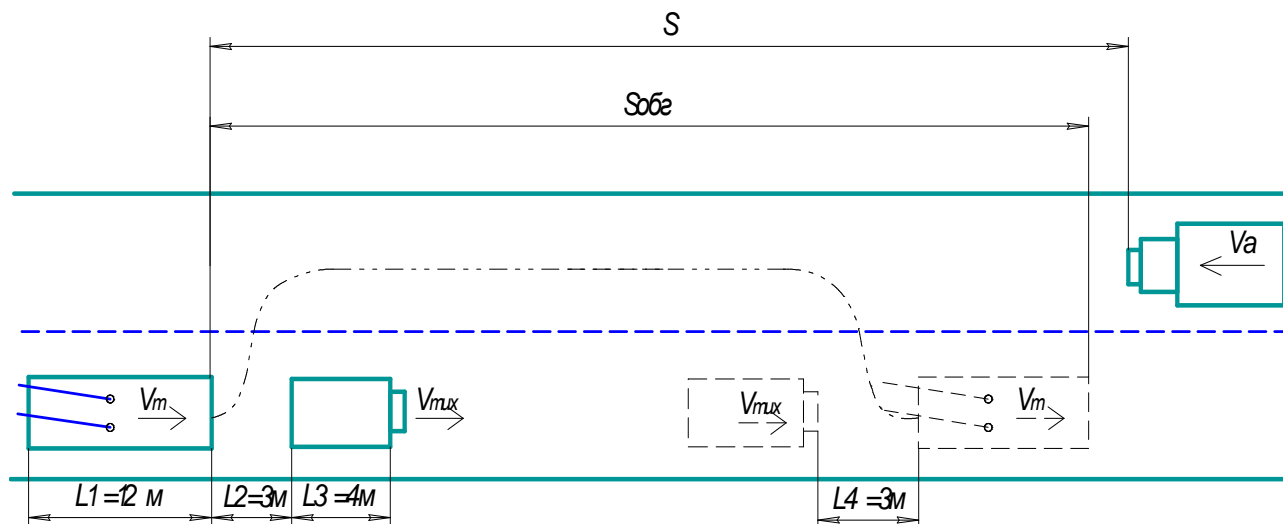


Рис. 3 – Розрахункова схема транспортної ситуації при обгоні тролейбусом тихохідного транспортного засобу

Час обгону тролейбуса можна виразити з таких виразів

$$t_T = \frac{S_{обг}}{V_T}, \quad t_T = \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4)}{V_T - V_{mux}}.$$

Таким чином, отримуємо наступну формулу $S_{обг} = \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) \cdot V_T}{V_T - V_{mux}}.$

Виходячи з міркування про те, що тролейбус повинен встигнути виконати обгін до моменту зустрічі з автомобілем, можна прийняти $t_T = t_A$. Тоді запишемо

таке співвідношення $S_{обг} = S \frac{V_T}{V_T + V_A}.$

Порівнюємо обидва вирази

$$\frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) \cdot V_T}{V_T - V_{mux}} = S \frac{V_T}{V_T + V_A}. \quad (18)$$

На основі отриманого рівняння отримуємо формулу для визначення безпечної відстані від тролейбуса до зустрічного автомобіля, на якій тролейбус може виконати обгін тихохідного транспортного засобу з виїздом на зустрічну смугу руху.

$$S = \frac{(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) \cdot (V_T + V_A)}{V_T - V_{\text{тих}}}; \quad (19)$$

$$S = \frac{(12 + 3 + 4 + 3) \cdot (25 + 40)}{25 - 15} = 143 \text{ м.}$$

Практичне заняття №4

Тема: Використання схем дорожньо-транспортних ситуацій при проведенні експертизи

Мета: здобуття практичних навичок в розрахунку значення гальмівного шляху при проведенні автотехнічної експертизи

Посадовим особам підприємства, які проводили розслідування на місці скоєння дорожньо-транспортної пригоди необхідно забезпечити: складання схеми ДТП (або одержання за згодою її копії у працівників ДАІ), проведення фотографування місця події, транспортних засобів, слідів гальмування та об'єктів, що могли обумовити ДТП. Приклад схеми ДТП зображений на рис. 4.

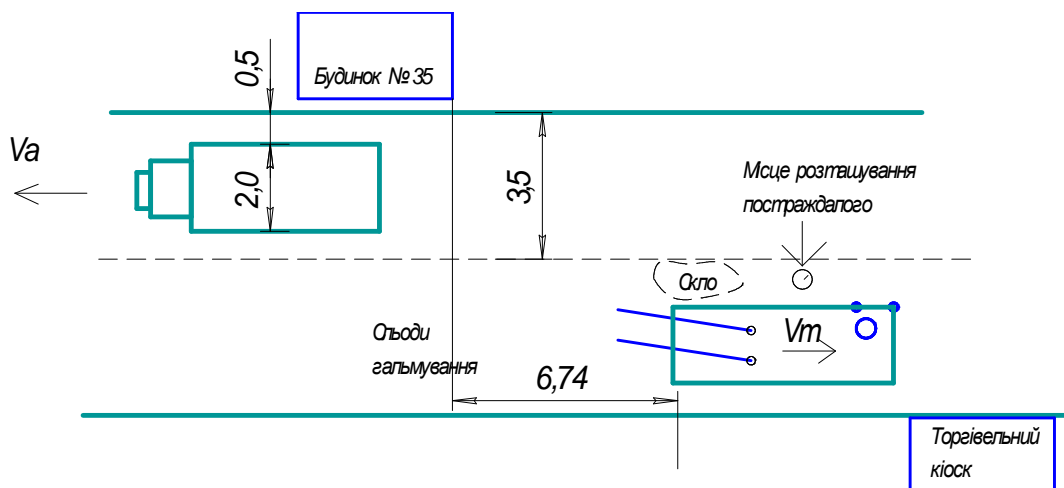


Рис. 4 – Розташування учасників руху після скоєння ДТП

Приклад 1. З матеріалів ДТП встановлено: пішохід раптово з'явився із-за проїжджаючого фургону. Водій тролейбуса, що рухався зустрічною смугою, побачив його на відстані 1,5 м від брівки. Визначити відстань в момент відкриття видимості до точки можливого наїзду.

Для розрахунку враховують наступні дані:

- габаритна ширина фургона $C = 2$ м;
- відстань від голови водія до лівої бічної поверхні тролейбуса $a = 0,5$ м;
- відстань від голови водія до передньої поверхні тролейбуса $b = 0,75$ м;
- вік пішохода 25-30 років, темп його руху - швидкий крок;
- швидкість руху пішохода $V_{\text{п}} = 1,8$ м/с;
- швидкість руху автомобіля $V_{\text{а}} = 30$ км/год.

Міра вини того чи іншого учасника ДТП визначають на підставі вирішення основного питання – чи мав водій технічну можливість уникнути ДТП. Інакше кажучи, потрібно вирішити питання, чи мав водій в момент виникнення небезпеки (перешкоди) для руху технічну можливість шляхом гальмування зупинити транспортний засіб.

Зазначене питання вирішують шляхом порівняння відстані, на якій знаходився транспортний засіб від місця наїзду чи зіткнення в момент виникнення перешкоди і шляху, необхідного для його зупинки.

Підставою для такого висновку служать розрахунки, що проводяться за допомогою нової схеми моменту виникнення небезпеки (моменту відкриття взаємної видимості).

Визначення моменту виникнення небезпеки часто є вирішальним фактором для встановлення вини або невинності водія.

Тому на підставі схеми ДТП складають план-схему, де відтворюють розташування всіх учасників ДТП в момент виникнення небезпеки. Представимо схему ситуації, побудувавши трикутник видимості (рис.5).

Зазори між габаритами рухомих одиниць позначимо через X , а відстань до проїзної частини з правого боку Y .

Якщо сумарна швидкість $V < 80$ км/ч, то $X, Y = 0,5$ м; якщо $V > 80$ км/ч, то $X, Y = 0,5 \dots 0,75$ м.

$$AB = Y + C - S_{\text{н.}}$$

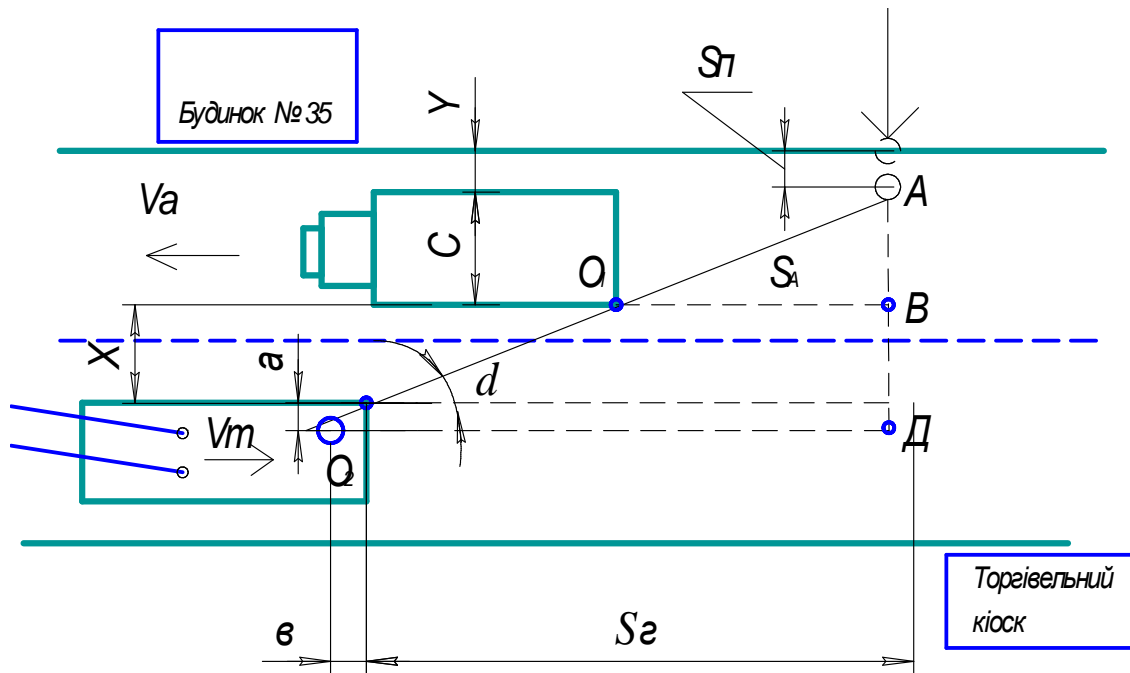


Рис. 5 – Розташування учасників руху в момент виникнення небезпеки

За умови $t_{удал.А} = t_n$.

$$\frac{S_A}{V_A} = \frac{S_n}{V_n} ; \quad S_A = \frac{V_A \cdot S_n}{3,6 \cdot V_n}. \quad (20)$$

Використовуючи схему на рис.5 складемо відповідні співвідношення, використовуючи трикутник АВО₁

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{S_A} = \frac{Y + C - S_n}{S_n \cdot \frac{V_A}{3,6 \cdot V_n}} = \frac{3,6 \cdot V_n}{V_A} \left(\frac{Y - C}{S_n} - 1 \right); \quad (21)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3,6 \cdot 1,8}{30} \left(\frac{0,5 + 3}{1,5} - 1 \right) = 0,288.$$

Для визначення інших параметрів використовуємо трикутник АДО₂

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y + C + X + a - S_n}{S_m + b} \Rightarrow S_m = \frac{Y + C + X + a - S_n}{\operatorname{tg} \alpha} - b; \quad (22)$$

$$S_m = \frac{0,5 + 3 + 0,5 + 0,5 - 1,5}{0,288} - 0,75 = 9,66 \text{ м.}$$

Далі розглянемо інші практичні приклади розслідувань ДТП.

Приклад 2. ДТП відбулося в денний час і полягало в тому, що на одну із двох жінок-пішоходів, що переходили дорогу зі швидкісним рухом, був зроблений наїзд транспортного засобу ліворуч. Супутниця, яка залишилася непошкодженою, була здатна виходячи з особливостей планування дороги, вказати точне місцезнаходження транспортного засобу, що наближався, у момент початку їхнього переходу через проїзну частину. Після того, як свідок закінчив перехід проїзної частини дороги, вона почула звук удару від наїзду транспортного засобу на людину (рис. 6).

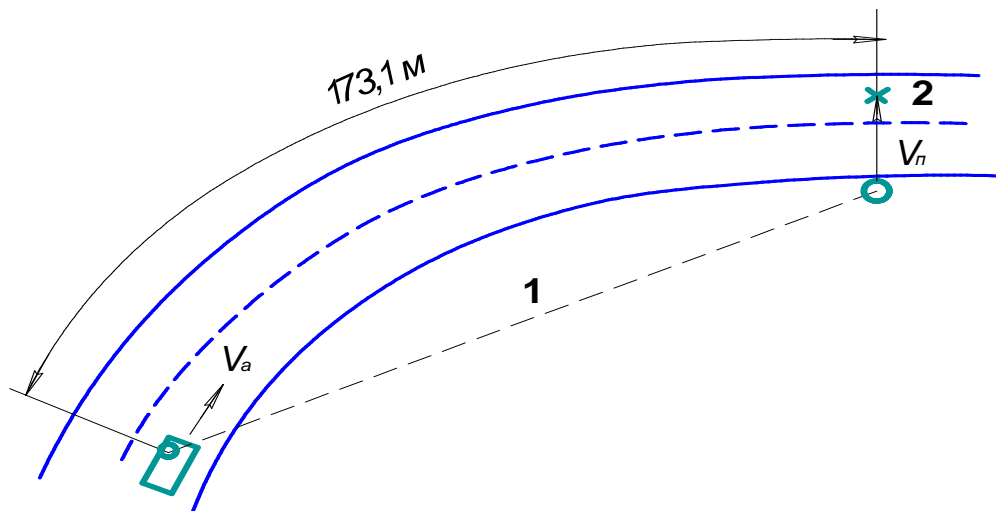


Рис. 6 - Схема розташування учасників ДТП під час взаємної видимості:

1- лінія видимості пішоходом автомобіля, що наближався; 2 - точка наїзду

Проведемо аналіз. Середня швидкість постраждалої становила, як було з'ясовано, 5,5 км/год. Її надалі попросили пройти дану відстань у такому ж темпі, як і при ДТП.

Пройдена при експерименті відстань $S = 6$ м. Час ходьби $t = 3,9$ с.

Використано формулу $V = S/t$. $V = 6:3,9 = 1,54$ м/с. Проїжджа частина дороги мала ширину 7,3 м, час переходу обчислений за формулою $t = S/ V. = 7,3:1,54 = 4,7$ с.

Оскільки відстань, пройдена автомобілем, і час проїзду відомі, можна визначити й швидкість.

Відстань $S = 173,1$ м; $V = 173,1:4,7 = 36,83$ м/с — 132,6 км/год.

Середня швидкість транспортного засобу, що наближався, може служити корисним орієнтиром у розслідуванні ДТП, а під час відсутності інших доказів її роль ще більше зростає. Якщо з'явиться яке-небудь нове свідчення щодо швидкості транспортного засобу, то обчислення, подібне наведеному в даному прикладі, допоможе підтвердити правильність або переконатися в хибності цього свідчення. З іншого боку таке обчислення може показати, що пішоходи не проявили належної уваги при переході проїзної частини перед транспортним засобом, що наближався.

Приклад 3. Легковий автомобіль повернув ліворуч на Т-образному перетині й зіштовхнувся зі зустрічним транспортним засобом, що наближався, і залишив сліди ковзання шин довжиною 40,8 м. Перетин знаходиться в районі, де швидкість обмежена до 48 км/год (рис. 7).

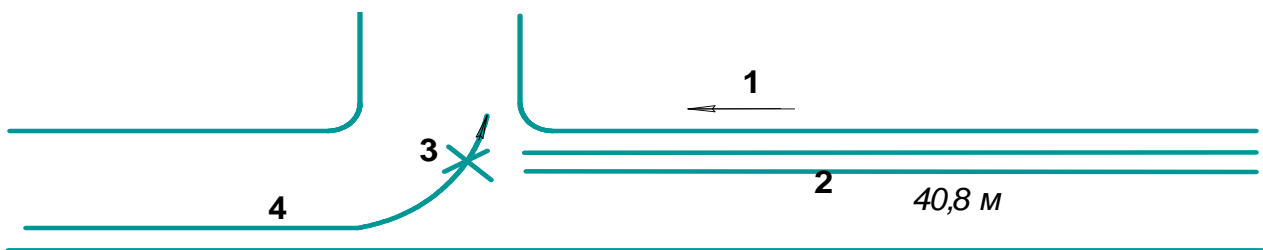


Рис. 7- Схема розташування учасників ДТП :

1- напрямок руху; 2 - сліди ковзання; 3 - точка зіткнення; 4 - шлях руху автомобіля, що повертає

Проведемо аналіз. Зчипні якості дорожнього покриття виявлені експериментальним гальмуванням. При швидкості 48 км/год (13,33 м/с) довжина слідів ковзання шин склала 11,32 м.

$$\psi = \frac{V_n^2}{2S_K g}, \quad (23)$$

де ψ – коефіцієнт зчеплення;

S_K - довжина слідів ковзання, м;

g – прискорення вільного падіння, м /с²;

V_n – початкова швидкість, м/с.

$$\psi = 13,33^2 : (2 \cdot 11,32 \cdot 9,81) = 0,8.$$

Швидкість при наявності слідів довжиною 40,8 м обчислена за формулою

$$V_n = \sqrt{2\psi \cdot g \cdot S_K}, \quad (24)$$

$$V_n = \sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81 \cdot 40,8} = 25,3 \text{ м/с} = 91,1 \text{ км/год}$$

Таким чином, видно, що автомобіль, що повертав, зіткнувся з іншим транспортним засобом, що рухався назустріч зі значним перевищенням швидкості.

Оцінене значення швидкості в момент удару перебуває в межах 16 км/год (4,44 м/с)— 32 км/год (8,89 м/с). Ці дані використані для уточнення фактичної швидкості транспортного засобу в момент початку гальмування за формулою

$$V_I^2 = V_n^2 + u_I^2, \quad (25)$$

де V_n – початкова швидкість, м/с;

V_I – швидкість при зіткненні, м/с;

u_I – умовна початкова швидкість, м/с.

$$V = \sqrt{4,44^2 + 25,3^2} = 25,69 \text{ м/с} = 92,5 \text{ км/год (швидкість при ударі 16 км/год),}$$

$$V = \sqrt{8,89^2 + 25,3^2} = 26,8 \text{ м/с} = 96,5 \text{ км/год (швидкість при ударі 32 км/год).}$$

Якби транспортний засіб рухався з установленою граничною швидкістю 48 км/год, то гальмівний шлях склав

$$S = V_n^2 / (2 \psi g); \quad (26)$$

$$S = 13,33^2 : (2 \cdot 0,8 \cdot 9,81) = 11,3 \text{ м.}$$

Ясно, що другий транспортний засіб зміг би зупинитися на більш короткій відстані при дотриманні діючого загального обмеження швидкості.

Практичне заняття №5

Тема: Визначення гальмівного шляху аналітичним методом

Мета: *здобуття практичних навичок в розрахунку гальмівного і зупиночного шляху аналітичним методом, що дозволяє визначити основні їх складові*

Ефективність гальмування характеризується гальмівним шляхом.

Гальмівний шлях - відстань, яку проходить транспортний засіб від початку приведення в дію органу керування гальмівної системи до повної зупинки. При проведенні експертизи частіше використовують значення зупиночного шляху, оскільки його значення враховує і реакцію водія.

Зупиночний шлях - відстань, пройдена транспортним засобом від моменту виявлення водієм небезпеки для руху до моменту зупинки транспортного засобу внаслідок гальмування.

Визначення довжини зупиночного шляху враховує декілька основних факторів, що більш-менш могли б бути причиною ДТП.

Зупиночний шлях можна представити декількома фазами:

- 1) час реакції водія;
- 2) час реакції рухомого складу;
- 3) час наростання уповільнення;
- 4) час, необхідний для остаточної зупинки.

Під час дії **першої фази** транспортний засіб рухається, тому що водій ще не прийняв відповідних дій. Тривалість цієї фази залежить від індивідуальних особливостей водія, його досвіду, знань психологічних особливостей поведінки учасників руху, можливістю передбачити їх подальші дії, і від того чи очікував водій небезпеки чи ні.

На даний момент у судовій автотехнічній експертизі застосовують диференційовані експериментально-розрахункові значення часу реакції водія.

Якщо водій очікує небезпеку час реакції знаходиться в межах 0.2...2 сек., якщо не очікує – 1,5...6,0 сек. (наприклад, міжміської магістралі, коли водій

знаходиться в ненапруженому стані - в стані розслаблення). В середньому t_p приймають 1,5 сек.

Досліджуючи механізм ДТП можна припустити, що шлях, який пройшов транспортний засіб під час реакції водія (першу фазу), визначають за формулою

$$S_1 = \frac{V_{II} \cdot t_p}{3,6}, \quad (27)$$

де V_{II} - швидкість початку гальмування, км / год;

t_p - час реакції водія, с.

Друга фаза - це час реакції рухомого складу. Протягом цього часу починаючи з передачі зусилля від гальмової педалі, відключаються контактори тягового режиму й включаються контактори гальмового режиму. Наприклад, у тролейбусі відбувається наростання струму в гальмовому контурі, проходить хвиля стисненого повітря від гальмового циліндра на гальмові колодки.

Час реакції рухомого складу залежить від його типу і технічного стану. Для електричного транспорту цей час дорівнює 0,5 сек.

Тоді шлях, що пройшов за другу фазу ТЗ, визначають за формулою

$$S_2 = \frac{V_{II} \cdot t_{po}}{3,6}, \quad (28)$$

де t_{po} - час реакції рухомого складу, с.

Третя фаза - наростання уповільнення, гальмівна сила підвищується від нуля до розрахункового значення. Гальмівна сила на колесах рухомої одиниці відома й визначається за паспортним даними рухомого складу. Тому необхідно використовувати для розрахунку гальмівні характеристики рухомого складу.

Для визначення уповільнення ϵ треба знати масу рухомої одиниці, що складається з маси тари й маси пасажирів. Вагу маси пасажирів розраховують виходячи з кількості пасажирів і середньої ваги одного пасажиря 70 кг. Крім цього необхідно враховувати інерції оберткових частин. У цьому випадку з визначиться як

$$v = \frac{B}{M(1 + \gamma)}, \quad (29)$$

де B – гальмова сила, Н;

M – маса рухомих одиниць, Н;

$(1 + \gamma)$ – коефіцієнт інерції оберткових частин.

Значення гальмівної сили може враховувати ухил дороги і коефіцієнт зчеплення.

Максимального сповільнення можна досягти під час екстреного гальмування на сухій дорозі з твердим покриттям, коли коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою близький до одиниці. У цьому випадку $j_{\max} — 7,5 — 8,0 \text{ м/с}^2$. Проте в звичайних умовах експлуатації, щоб уникнути спрацювання гальм та шин коліс, гальмують так, щоб сповільнення не перебільшувало значення $2,5 — 4,5 \text{ м/с}^2$.

Уповільнення на початку гальмування виникає не миттєво, а наростає від 0 до v .

Час наростання вповільнення $t_{\text{ну}}$ змінюється від нульового значення до максимального, обмеженого зчіпними можливостями коліс із опорною поверхнею. Величина цього часу залежить від типу привода (гідравлічний, пневматичний), конструкції гальмових механізмів (дискові, барабанні).

Поняття сталого уповільнення із для реальних умов гальмування не зовсім точно. Це пов'язане з тим, що в процесі гальмування можуть мінятися зусилля на педалі гальма, коефіцієнт тертя фрикційних пар (як результат зміни температури й швидкості тертьових поверхонь, коефіцієнт зчеплення (як результат зміни властивостей покриття, а також швидкості руху, ковзання й температури шин). У зв'язку з цим, змінне значення v заміняють середнім і умовно називають сталим.

Цей час коливається в межах $0,05...2,0 \text{ с}$ і залежить від типу транспортного засобу, типу і стану гальмівної системи, зусилля, що прикладене до гальмівної педалі, стану дорожнього покриття. В середньому час зростання уповільнення складає для електричного транспорту $0,3 \text{ сек}$.

У загальному вигляді формулу для визначення гальмівного шляху за період наростання уповільнення (уповільнення приймають середнє за цей період) можна визначити за формулою

$$S_1 = \frac{V_{\Pi} \cdot t_{HY}}{3,6} + \frac{v_{роз} \cdot t_{HY}^2}{2 \cdot 2} = \frac{V_{\Pi} \cdot t_{HY}}{3,6} + \frac{v_{роз} \cdot t_{HY}^2}{4}, \quad (30)$$

де t_{HY} – час наростання уповільнення, с;

$v_{роз}$ – розрахункове (стале) значення уповільнення, м/с².

Шлях, що пройдений за **час четвертої фази**, визначають, виходячи з наступних міркувань. За період третьої фази транспортний засіб знизив швидкість до деякого значення V . Тоді значення швидкості ΔV , яке необхідне для того, щоб швидкість знизилася до 0, визначають за формулою

$$\Delta V = V_n - V = \frac{v_{роз}}{2} t_{HY}, \quad (31)$$

Звідси $V = V_{\Pi} - \frac{v_{роз}}{2} t_{HY},$

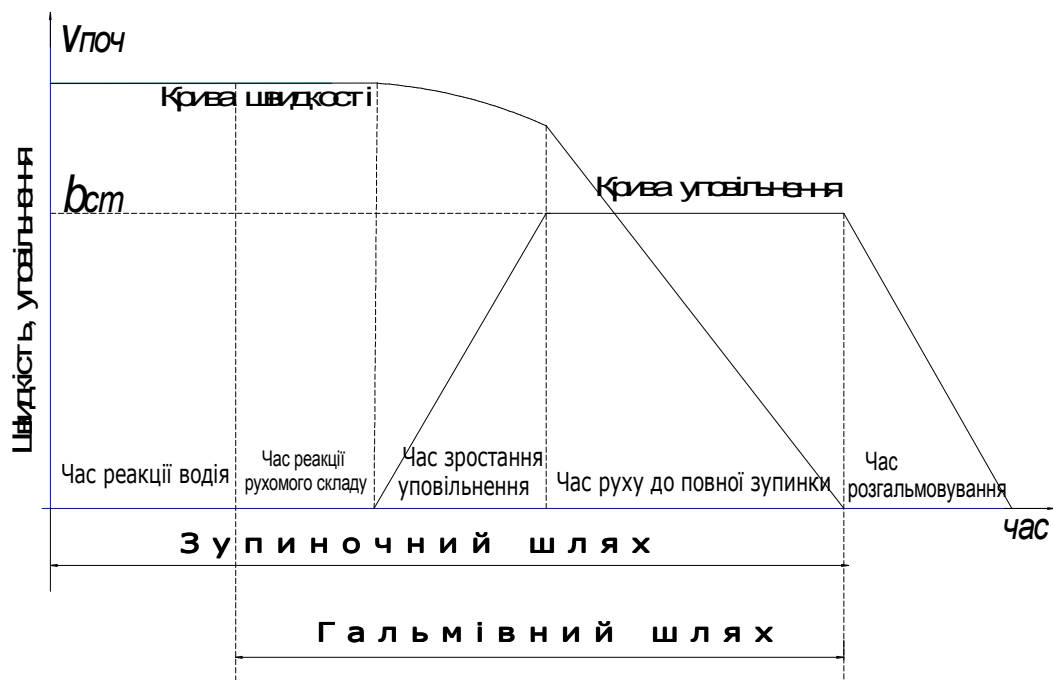


Рис. 8 – Гальмівна діаграма транспортного засобу

З огляду на те, що $V^2 = 2aS$, одержуємо шлях, що пройшов транспортний засіб за період четвертої фази, визначають за формулою

$$S_4 = \frac{\left(\frac{V_n}{3,6} - \frac{a_{роз}}{2} t_{ну} \right)^2}{2a_{роз}}. \quad (32)$$

Склавши всі значення S , одержимо зупиночний шлях

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 + S_4. \quad (33)$$

На основі визначених складових зупиночного шляху можна представити гальмівну діаграму транспортного засобу (рис. 8)

Приклад. Визначити значення гальмівного шляху при екстреному гальмуванні, коли досвідчений водій, очікуючи небезпеку, починає гальмувати при швидкості $V_{II} = 45$ км/год. Для розрахунків враховувати значення сповільнення $a = 3,0$ м/с²

$$S_1 = \frac{45 \cdot 1,0}{3,6} = 12,55; \quad S_2 = \frac{45 \cdot 0,5}{3,6} = 6,25;$$

$$S_3 = \frac{45 \cdot 0,3}{3,6} + \frac{3,0 \cdot 0,3^2}{4} = 3,98; \quad S_4 = \frac{\left(\frac{45}{3,6} - \frac{3,0}{2} 0,3 \right)^2}{2 \cdot 3,0} = 24,2;$$

$$S_T = 12,55 + 6,25 + 3,98 + 24,2 = 46,98 \text{ м.}$$

Практичне заняття №6

Тема: Графічний метод розрахунку гальмівного шляху

Мета: здобуття практичних навичок в розрахунку гальмівного шляху графічним методом на основі гальмівних характеристик транспортних засобів

Для розрахунку використовують характеристику питомої сповільнюючої сили на прямій і горизонтальній ділянці шляху при екстреному гальмуванні. Величина цієї сили дорівнює сумі питомої гальмової сили рухомого складу B_{Γ} при екстреному гальмуванні і питомого основного опору w_o при вибігу (їзді без струму):

$$B_{OG} = B_{\Gamma} + w_o, \quad (34)$$

де B_{Γ} - питома гальмівна сила рухомого складу, Н/кН;

w_o - питомий основний опір, Н/кН.

Для екстреного гальмування тролейбуса використовуються механічні барабанні гальма з максимальним натисканням колодок. У цьому випадку характеристика питомої гальмівної сили розраховують за формулою

$$B_{\Gamma} = 10^3 \varphi_k \Theta_{\max}, \quad (35)$$

де φ_k - розрахунковий коефіцієнт тертя; для барабанних гальм можна прийняти

$$\varphi_k = 0,35;$$

Θ_{\max} - максимальний гальмовий коефіцієнт рухомого складу; для тролейбуса можна прийняти $\Theta_{\max} = 2$.

Тоді питома гальмівна сила

$$B_{\Gamma} = 1000 \cdot 0,35 \cdot 2 = 700 \text{ Н/кН}.$$

Як екстрене гальмування, на трамвайних вагонах застосовують рейкове електромагнітне гальмування. Питому гальмову силу рейкового електромагнітного гальма визначають виразом

$$B_{\Gamma} = 10^3 \varphi_k \Sigma K_p / G, \quad (36)$$

де ΣK_p - сумарне натискання гальмових башмаків, кН;

G - вага трамвайного вагону, кН.

У розрахунках можна прийняти $\Sigma K_p / G = 2$, а значення розрахункового коефіцієнта тертя φ_k визначають з виразу

$$\varphi_k = 0,18 / (1 + 0,02V), \quad (37)$$

де V - значення швидкості руху, км/год.

Розрахунки сповільнюючої сили B_{OG} зручно представляти у вигляді табл.4, за даними якої в обраних масштабах m_f і m_v будують характеристику $B_{OG}(V)$ (рис. 9).

Таблиця 4 - Дані для побудови характеристики $B_{OG}(V)$.

$V, \text{км/год}$	0	10	20	30	40	50	60
φ_k							
$B_{\Gamma}, \text{Н/кН}$							
$w_o, \text{Н/кН}$							
$B_{OG}, \text{Н/кН}$							

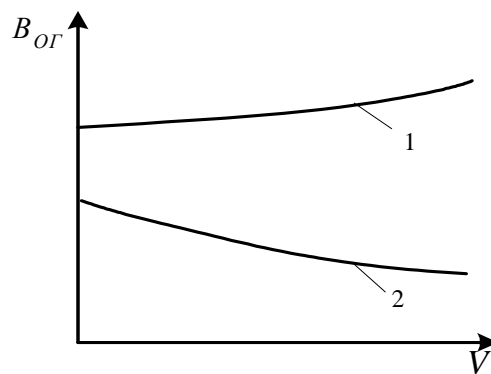


Рис. 9 – Приблизний вигляд характеристики питомої сповільнюючої сили: тролейбуса (1) та трамваю (2) під час екстреного гальмування

Таким чином, розраховані гальмівні характеристики для екстреного гальмування тролейбуса і трамвая. При розрахунку задаються визначеним розрахунковим гальмовим шляхом S_T і часом підготовки гальм t_n , значення яких наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Значення S_T і t_n для тролейбуса і трамваю.

Тип рухомого складу	Розрахунковий гальмовий шлях $S_T, \text{м}$	Час підготовки $t_n, \text{с}$
Тролейбус	20 - 30	1
Трамвай	35 - 40	1

Далі визначають гальмовий шлях графічним методом. Спочатку вибирають масштаби m_v , m_l і m_f .

При $1+\gamma=1,1$ зручно вибрати:

для тролейбуса $m_v=1 \text{ мм}/(\text{км}/\text{год})$, $m_l=1 \text{ мм}/\text{м}$, тоді $m_f=0,1155 \text{ мм}/(\text{Н}/\text{кН})$;

для трамвая $m_v=2 \text{ мм}/(\text{км}/\text{год})$, $m_l=2 \text{ мм}/\text{м}$, тоді $m_f=0,231 \text{ мм}/(\text{Н}/\text{кН})$.

У правій частині аркуша по вертикальній вісі відкладають у масштабі 1 км/год = 1мм швидкість транспортного засобу, а по горизонтальній - гальмівний шлях в масштабі 100 м = 12 мм.

Для побудови графіку залежності гальмівного шляху від швидкості потрібно, перш за все, знайти точку, що відповідає ухилу спуску. Наприклад, при спуску 10‰ сповільнююча сила дорівнює 10. Крпку С відкладають вправо від нуля. Якщо гальмування виконують на підйом, то величину сповільнюючої сили треба відкладати вліво від нуля.

Хід вирішення задачі зображений схематично на рис. 10.

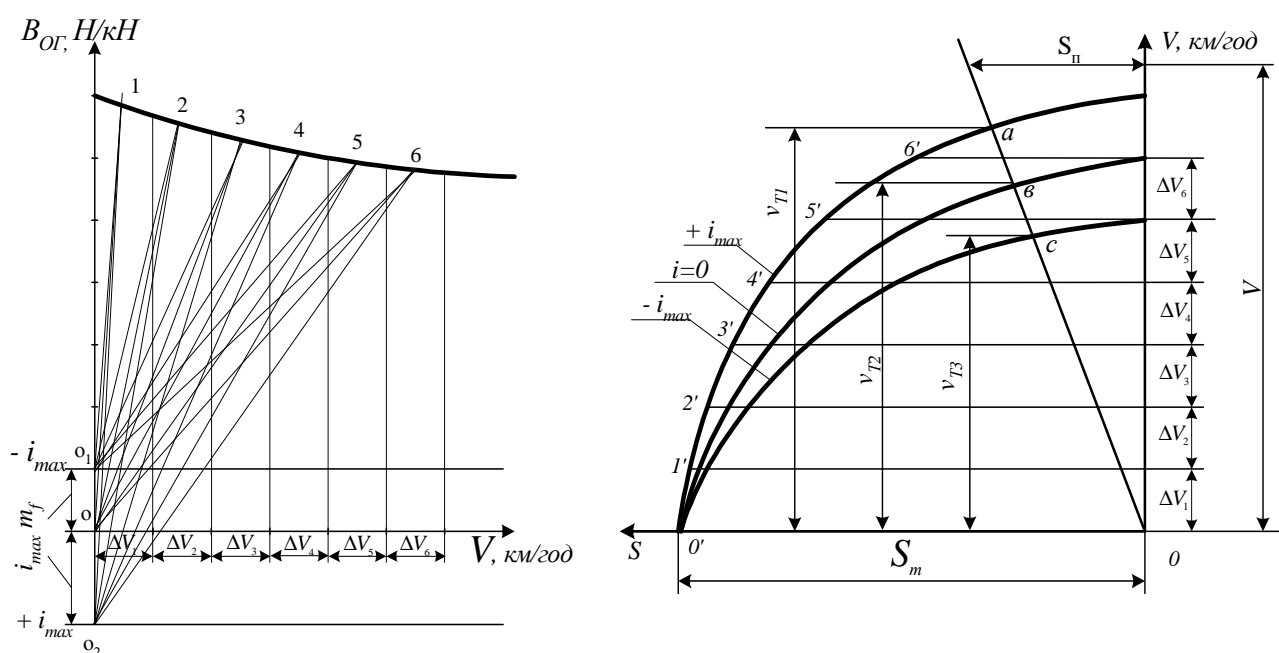


Рис. 10 – Приклад визначення гальмівного шляху графічним методом

В обраному масштабі будують характеристика питомої сповільнюючої сили $b_{ок}(V)$ у зворотному порядку (від $V=0$) графічним методом будують криві гальмування $V(l)$ для трьох значень ухилів: $i = +i_{max}$, $i = 0$, $i = -i_{max}$. Інтервал

швидкості ΔV , яким задаються при побудові, повинен бути не більше 5 км/год. Отримані криві $v(l)$ побудовані праворуч на рис. 10. Як видно з рис.10, у випадку горизонтальної ділянки початок координат на діаграмі сповільнюючих сил знаходиться в точці O ; у випадку підйому $+i_{max}$ початок координат переносять на відрізок $m_f i_{max}$ униз по осі ординат, а у випадку спуску $-i_{max}$ початок координат переносять на відрізок $m_f \cdot i_{max}$ нагору по осі ординат. Варто пам'ятати, що величина підйому або спуску в ‰ чисельно дорівнює питомій сповільнюючій силі в Н/кН ($i = w_i$). Для розрахунку підготовчого шляху S_n досить для будь-якої швидкості V відкласти від осі ординат в обраному масштабі шляху відрізок, що відповідає $S_n = (V t_n)/3,6$, м і з'єднати його прямою лінією з точкою O . Ординати a , b , c точок перетину цієї прямої з кривими $V(S)$ для різних ухилів визначають найбільші швидкості V_{T1} , V_{T2} , V_{T3} , допустимі на відповідних ділянках шляху.

За отриманими трьома точками на діаграмі діючих сил при побудові кривих руху (рис. 10) наносять криву $V_{max.T}(i)$, ордината точки a перетину якої з кривою $w_{ox}(V)$ визначає границю безпечних і небезпечних спусків для даного типу рухомого складу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. Москва, Транспорт, 1991. – 175 с.
2. Безпека руху на міському електротранспорті. Довідник законодавчих та нормативних документів. Книга 1. Управління безпекою руху/ В.В.Вірченко, В.Х. Далека, Е.І. Карпушин, В.А. Менжерес .– Х.: ХДАМГ, 2002 . – 225 с.
3. Корягина Е.Е., Коськин О.А. Электрооборудование трамваев и троллейбусов. Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.
4. Галаса П.В., Куйбіда А.С. Експертний аналіз дорожньо-транспортних подій. К., 1995. - 230 с.
5. Лукошявичене О.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт, 1988. – 96 с.
6. Коршаков И.К., Сытник В.И. Комплексный анализ дорожно-транспортных происшествий. М.:МАДИ, 1991. – 189 с.
7. Байэтт Р., Уоттс Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий. Перевод с англ. – М. : Транспорт, 1983.-288 с.
8. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы «водитель-автомобиль-дорога-среда». – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
9. Исаев И.П. Случайные факторы и коэффициент сцепления. М.: Транспорт, 1977. – 182 с.
10. Теория электрической тяги. // Розенфельд В.Е., Сидоров Н.Н., Озеров М.И.: Под. ред. Исаева И.П. - М.: Транспорт, 1995. – 294 с.
11. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. - К., 1997.
12. Пушков П.М., Андрейченко В. П. Основы електричної тяги // Навч. посібник. – Х.: ХНАМГ , 2006. – 150 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Безпека руху та гальмівні системи» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання напряму підготовки 0922 (6.050702) - Електромеханіка)

Укладач : Кульбашна Надія Іванівна

Редактор: Д.Ф. Курильченко

План 2010, поз. 190 М

Підп. до друку 06.04.2010	Формат 60×84 1/16	Ум. друк.арк. 1,5
Друк на ризографі.	Тираж 50 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №731 від 19.12.2001